

## System to control nonpositive connections, e.g. screw connections

**Patent number:** DE19831372  
**Publication date:** 2000-01-27  
**Inventor:** LOEHKEN THOMAS (DE); LUETHJE HOLGER (DE)  
**Applicant:** FRAUNHOFER GES FORSCHUNG (DE)  
**Classification:**  
- **international:** G01L5/24  
- **european:** G01L5/24B  
**Application number:** DE19981031372 19980713  
**Priority number(s):** DE19981031372 19980713

### Abstract of DE19831372

The system has at least one supporting washer type component (9), in which a measuring system is at least partly integrated. A measuring layer (13) of piezoelectric or piezoresistive material is provided. An electric measuring system may be provided. A telemetric signal pick-up may be provided.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

BEST AVAILABLE COPY

**THIS PAGE BLANK (98PT0)**



⑮ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 198 31 372 A 1**

⑤ Int. Cl. 7:  
**G 01 L 5/24**

⑰ Aktenzeichen: 198 31 372.1  
⑱ Anmeldetag: 13. 7. 1998  
④③ Offenlegungstag: 27. 1. 2000

①

DE 198 31 372 A 1

⑦① Anmelder:

Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der  
angewandten Forschung e.V., 80636 München, DE

⑦② Erfinder:

Löhken, Thomas, Dipl.-Ing., 38114 Braunschweig,  
DE; Lüthje, Holger, Dipl.-Ing., 25469 Halstenbek, DE

⑤⑥ Entgegenhaltungen:

DE	31 48 730 C2
DE	195 15 179 A1
DE	44 19 009 A1
DE	3 33 285 A1
DE	693 11 479 T2
EP	04 28 154 A1

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Vorrichtung zur Kontrolle kraftschlüssiger Verbindungen

⑤⑦ Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Kontrolle  
kraftschlüssiger Verbindungen, die dadurch gekennzeich-  
net ist, daß mindestens ein unterlegscheibenförmiges  
Bauteil vorgesehen ist, in dem ein Meßsystem zumindest  
teilweise integriert ist. Bevorzugtes Anwendungsgebiet  
ist die Kontrolle kraftschlüssiger Verbindungen, insbe-  
sondere von Schraubverbindungen.

DE 198 31 372 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Kontrolle kraftschlüssiger Verbindungen, vorteilhafterweise von Schraubverbindungen.

Schraubverbindungen beruhen auf der Umwandlung eines Drehmomentes in eine Axialkraft über ein Gewinde. Diese Kraft führt zu einer elastischen Dehnung des Schraubenschaftes und preßt die zu verbindenden Bauteile kraftschlüssig aufeinander. Schraubverbindungen gehören zu den lösbaren Verbindungen in der Konstruktionstechnik, worin auch ihre größte Gefahr begründet liegt. Diese Verbindungen können ihre Funktion durch Vibration, Setzungsvorgänge oder ähnliches verlieren.

Zur Verhinderung des unbeabsichtigten LöSENS werden verschiedene Methoden angewandt. Es können Splinte quer durch die Schraube gesetzt werden, die ein Herausfallen verhindern. Die Verbindung ist dann jedoch eigentlich schon gelöst. Ferner werden verschiedene Arten von Klebstoffen verwandt, welche ein Lockern durch Vibration unterbinden sollen. Desweiteren kommen federnde Schrauben zum Einsatz, welche eine Spannung aufrechterhalten und so ein Losvibrieren verhindern sollen.

Alle diese Methoden geben aber keinen Aufschluß über den Zustand einer Schraubenverbindung, sondern sollen einen einmal eingestellten Status Quo aufrechterhalten. Die Qualität einer Schraubverbindung ist jedoch durch die axiale Vorspannung determiniert, welche sich bei anspruchsvolleren Konstruktionen auch noch in einem bestimmten Bereich bewegen muß. Zu einer ständigen Überwachung muß also eine axiale Kraft fortlaufend gemessen werden.

Zur Messung der axialen Kraft von Schraubverbindungen sind Verfahren bekannt, bei der das Anzugsdrehmoment in eine Axialkraft umgerechnet wird. Diese Verfahren liefern nur unzuverlässige Ergebnisse und sind beispielsweise sehr abhängig vom Reibungskoeffizienten zwischen Schraubkopf und Unterlage, welcher sich mit der Betriebszeit stark ändert.

Weiterhin ist es bekannt, zur Messung der Axialkraft ein piezoelektrisches Schichtsystem auf den Schraubkopf zu applizieren. Über ein Ultraschallesegerät erhält man so eine recht genaue Angabe der Axiallast in der Schraubverbindung. Eine derartige Vorgehensweise bringt jedoch einige Nachteile mit sich. Zum einen ist sie nicht für jede Kopfform geeignet, zum anderen muß für jeden Schraubentyp eine neue Kennlinie aufgenommen werden. Ferner ist durch die recht aufwendige Ultraschallauslesung eine Dauerüberwachung vieler Schraubverbindungen kaum wirtschaftlich realisierbar.

Ausgehend vom bisher bekannten Stand der Technik ist es die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die oben dargestellten Nachteile bei der Überwachung des Zustandes von lösbaren Verbindungen, und insbesondere derer von Schraubverbindungen, zu beheben. Darüber hinaus soll die Erfindung eine kostengünstige Dauerüberwachung von vielen Schraubverbindungen gewährleisten.

Erfindungsgemäß wurde erkannt, daß diese Aufgabe durch eine Vorrichtung gelöst werden kann welche mindestens ein unterlegscheibenförmiges Bauteil enthält. In das einzelne Bauteil oder in die Gesamtheit der Bauteile ist eine entsprechende Sensorik integriert welche die Axialkraft der Schraubverbindung mißt.

Das Bauteil weist dabei den Vorteil auf, daß es wie eine Unterlegscheibe verwendet werden kann und daß damit ein Arbeiten auf vertraute Art und Weise möglich ist. Das neue Bauteil ist zudem robust und unabhängig von der gewählten Schraube. Ferner entfallen vorteilhafterweise Modifikatio-

nen an der Schraube, welche deren Festigkeit oder Dehnungseigenschaften ungünstig beeinflussen könnten. Die Sensorik kann auch in ein einfaches und robustes System von "Unterlegscheiben" integriert werden. Der Einsatz dieses Bauteils ist sehr preiswert und erlaubt eine kostengünstige Dauerüberwachung an vielen Schraubverbindungen.

Ohne Einschränkung des allgemeinen Erfindungsgedankens sollen die erfindungsgemäße Vorrichtung an Ausführungsbeispielen erläutert werden.

Fig. 1a zeigt eine Schraube (1) mit insgesamt zwei unterlegscheibenartigen Bauteilen (2) welche in ein entsprechendes Werkstück (3) eingebaut ist. Eine Mutter (4) vervollständigt die Schraubverbindung. Fig. 1b und Fig. 1c zeigen als Detailaufnahme den Bereich des Schraubenkopfs (5). Die beiden Bauteile (6, 7) sind im unverspannten Zustand isoliert voneinander mit einem kleinen Abstand angeordnet. Wird durch das Anziehen der Schraube das obere Bauteil (6) verformt, so verringert sich dieser Abstand. Umgekehrt hat ein Lockern der Schraube einen größeren Spalt zur Folge. Dieses Ereignis läßt sich durch verschiedene Maßnahmen auf einfache Weise detektieren.

Eine Möglichkeit zur Messung der Axialkraft der Schraubverbindung besteht in der elastischen Verformung des oberen Bauteils. Dieses wird solange verformt, bis der obere Kontakt mit den unteren berührt (galvanischer Kontakt) und so ein Stromkreis geschlossen wird. Diese Methode zeigt jedoch nicht kontinuierlich die Schraubenspannung an.

Eine weitere Möglichkeit zur Messung der Axialkraft besteht darin, über ein Sensorsystem an der Unterseite der oberen Scheibe die durch die Axiallast hervorgerufene Dehnung zu messen. Dadurch wird eine kontinuierliche Bestimmung der Schraubenspannung möglich.

Weiterhin ist es möglich, die Axialkraft kapazitiv zu messen. In diesem Fall stellen die obere und die untere Scheibe einen Kondensator dar, dessen Zwischenraum zur Vermeidung von Umwelteinflüssen mit einem elastischen Dielektrikum gefüllt sein kann. Durch geringe Durchbiegung der oberen Scheibe verringert sich der Zwischenraum, wodurch sich wiederum die Kapazität vergrößert. Diese Änderung läßt sich einfach und sehr genau messen und gibt ständig Auskunft über den Zustand der Schraubverbindung.

Weiterhin ist es möglich, die Axialkraft auch ohne die Verformung eines Bauteils zu messen. Den prinzipiellen Aufbau hierfür zeigt Fig. 2, in der der Oberteil der Schraube (8) nebst dem erfindungsgemäßen unterlegscheibenförmigen Bauteil (9) zu sehen ist. In das unterlegscheibenförmige Bauteil ist eine mit einer verschleißfesten Isolationssschicht belegte innere Scheibe (10) integriert die zum Beispiel aus Metall sein kann. Die innere Scheibe ist nach außen hin mit einer hochfesten Isolationsbeschichtung (12) versehen. Am Boden der Scheibe befindet sich eine Meßschicht (13). An einer Stelle, einem nicht zu eng tolerierten Ring (11), ist die Isolationsbeschichtung entfernt so daß die innere Scheibe elektrisch kontaktiert werden kann. Für den Fall einer piezoelektrischen oder einer piezoresistiven Meßschicht ist diese mit der inneren Scheibe elektrisch leitend verbunden. Ring und innere Scheibe bilden zusammen ein stabiles System, welches ohne Einschränkungen die Aufgabe von gewöhnlichen Unterlegscheiben erfüllen kann. Alle oben genannten Aufgaben der Meßschicht können auch durch ein zusätzliches Bauteil mit geeigneten elektrischen und/oder elastischen Eigenschaften übernommen werden. Auch ist es möglich, daß auf die innere Scheibe (10) oder das Bauteil (9) verzichtet wird, so daß dann nur noch das Bauteil (9) und die Meßschicht (13) bzw. im letztgenannten Fall die innere Scheibe (10) nebst Meßschicht (13) verwendet wird. Wird sowohl auf die innere Scheibe (10) und das Bauteil (9) ver-

zichtet so besteht die erfindungsgemäße Vorrichtung lediglich aus der Meßschicht (13) die zum Beispiel piezoresistiv ausgestaltet, so daß dessen elektrische Widerstand ein Maß für die axiale Spannung der kraftschlüssigen Verbindung ist.

Die Meßschicht kann ihrer Funktion in zwei Arten nachkommen. In einer möglichen Ausführungsform ist sie elastisch ausgeführt. Durch Kompression wird der Abstand zwischen Ringboden und Scheibe verringert und über das oben ausgeführte kapazitive Meßprinzip die Schraubenvorspannung bestimmt.

In einer weiteren Ausführungsform ist die Meßschicht piezoresistiv ausgelegt. Das heißt, eine Druckbeaufschlagung der Schicht führt zu einer Änderung des elektrischen Widerstandes ohne nennenswerte Verformung. Die Isolationsbeschichtung der Scheibe wäre dabei nach unten unterbrochen, so daß auch hier das Signal an dem eingezeichneten Kontakttring abgenommen werden kann.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung erlaubt eine robuste Zustandsüberwachung der Schraubverbindung. Besonders vorteilhaft ist, daß jeweils nur eine elektrische Leitung zur Schraubverbindung geführt werden muß. Die Kopplung der Signalleitung kann auch berührungslos, d. h. telemetrisch, erfolgen.

Ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäßen Vorrichtung besteht darin, daß das Bauteil in Kombination mit Dünnschichttechniken die Möglichkeit bietet, sensorische Netzwerke zu applizieren, die neben der Verbindungsüberwachung auch andere Zustandsgrößen online erfaßbar machen. Hierzu zählen Schwingungen und Vibrationen, Temperatur, etc.

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Kontrolle kraftschlüssiger Verbindungen, **dadurch gekennzeichnet**, daß mindestens ein unterlegscheibenförmiges Bauteil vorgesehen ist in dem ein Meßsystem zumindest teilweise integriert ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß nur ein Bauteil mit einer Meßschicht vorgesehen ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß eine Meßschicht aus piezoelektrischem oder aus piezoresistiven Material vorgesehen ist.
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1-3, dadurch gekennzeichnet, daß ein elektrisches Meßsystem vorgesehen ist.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1-4, dadurch gekennzeichnet, daß ein telemetrischer Signalabgriff vorgesehen ist.
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4-5, dadurch gekennzeichnet, daß eine serielle Schaltung der Bauteile vorgesehen ist.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1-6, dadurch gekennzeichnet, daß ein Meßsystem zur Messung der elastischen Verformung von mindestens einem der Bauteile vorgesehen ist.
8. Vorrichtung nach einem der Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß beim Vorhandensein eines einzelnen Bauteils mit piezoelektrischer oder piezoresistiver Meßschicht ein Meßsystem zur Messung der elastischen Verformung dieser Schicht vorgesehen ist.
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1-8, dadurch gekennzeichnet, daß ein Meßsystem zur Messung des ohmschen Widerstands oder der Impedanz von mindestens einem der Bauteile vorgesehen ist.
10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß Bauteile mit unterschiedlichem ohmschen Widerstand oder unterschiedlicher Impedanz

vorgesehen sind.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9-10, dadurch gekennzeichnet, daß ein Meßsystem zur selektiven Messung des ohmschen Widerstands oder der Impedanz von einem der Bauteile vorgesehen ist.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1-11, dadurch gekennzeichnet, daß ein Meßsystem zur Messung der Kapazität von mindestens einem der Bauteile vorgesehen ist.

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß Bauteile mit unterschiedlicher Kapazität vorgesehen sind.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12-13, dadurch gekennzeichnet, daß ein Meßsystem zur selektiven Messung der Kapazität von einem der Bauteile vorgesehen ist.

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1-14, dadurch gekennzeichnet, daß ein Meßsystem zur kontinuierlichen Überwachung vorgesehen ist.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1-15, dadurch gekennzeichnet, daß ein Meßsystem zur Messung der axialen Spannung vorgesehen ist.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

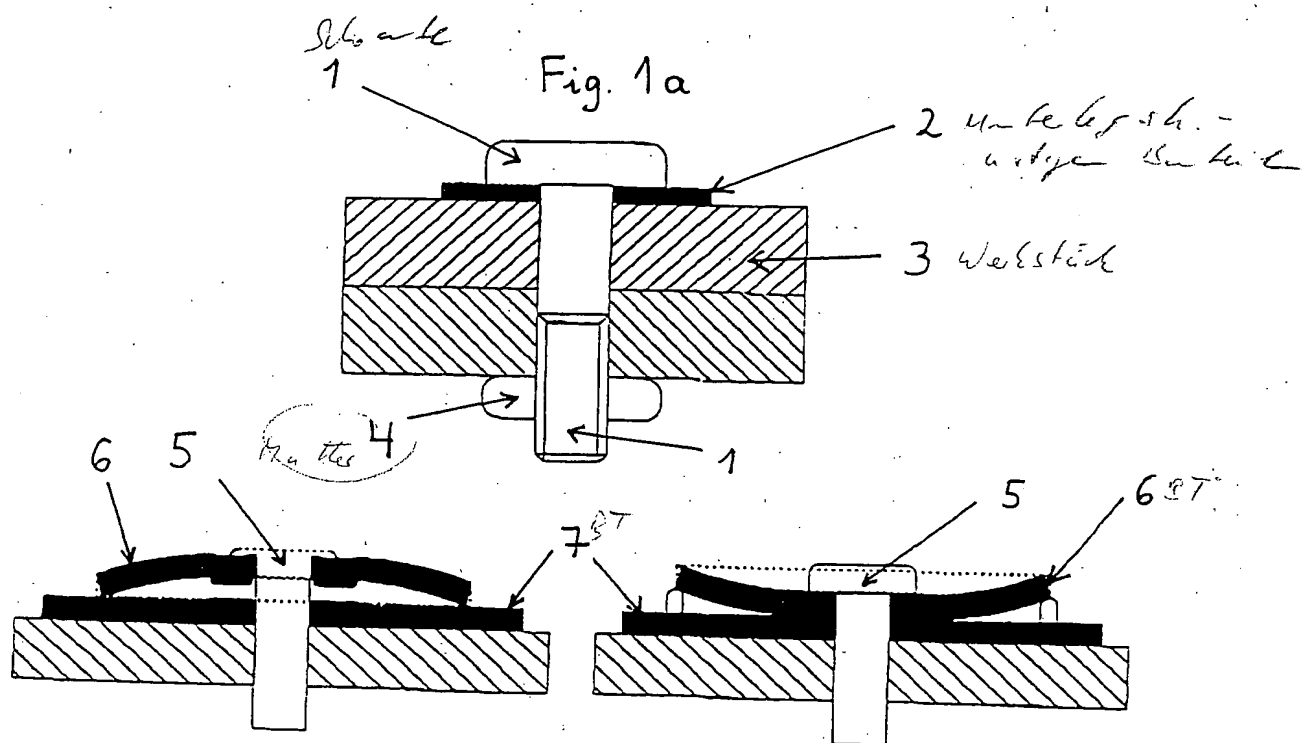


Fig. 1b

isoliert voneinander

Fig. 1c

Strom- und Wärmeabfuhr

BEST AVAILABLE COPY

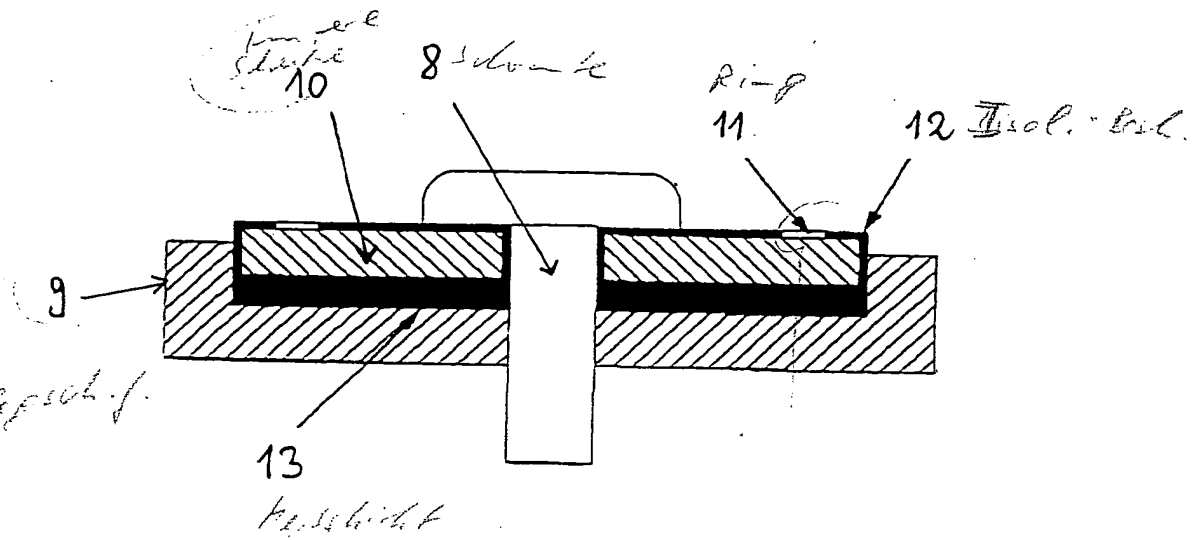


Fig. 2.